



Analyse af forædlingspotentiale for højere produktivitet i skovbruget baggrundsnotat til + 10 mio. tons planen

Hansen, Jon Kehlet; Nielsen, Ulrik Braüner

Publication date:
2012

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Hansen, J. K., & Nielsen, U. B., (2012). *Analyse af forædlingspotentiale for højere produktivitet i skovbruget: baggrundsnotat til + 10 mio. tons planen*, 12 s.

BAGGRUNDSNOTAT:

Analyse af forædlingspotentialer for højere produktivitet i skovbruget

Jon Kehlet Hansen, Ulrik Bräuner Nielsen

Skov & Landskab, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
2012



+ 10 MIO. TONS PLANEN

muligheder for en øget dansk produktion
af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier



Forord

Ønsket om at skabe bæredygtige løsninger inden for energisektoren har fået forskere på Københavns Universitet, Aarhus Universitet og forsknings- og udviklingsmedarbejdere fra DONG Energy til at indgå en samarbejdsaftale, der vil starte konkrete initiativer inden for forskning og uddannelse i grøn energi. En vigtig del af samarbejdet er en undersøgelse af, hvordan vi kan producere yderligere biomasse i forhold til i dag uden at det går ud over fødevareproduktionen, foderproduktionen eller miljøet.

I dette notat analyseres potentialerne for at opnå højere produktivitet i skovbruget gennem forædling og udvælgelse af forbedret plantemateriale. Notatet er udarbejdet i forbindelse med projektet kaldet "10 millioner tons-planen". Projektet er del af den samarbejdsaftale, som Københavns Universitet, Aarhus Universitet og DONG Energy indgik i december 2011, der skal være med til at lancere konkrete initiativer inden for forskning og uddannelse i grøn energi.

Forædlingspotentialer for en række træarter

Det træbevoksede areal inklusive midlertidige ubevoksede arealer udgjorde i 2006 ca. 12 % af landets areal og fordeler sig til 44 % løvtræbevoksninger og 55 % nåletræbevoksninger, svarende til 229.884 ha og 286.072 ha (Nord-Larsen et al. 2008). De danske skoves nåletræer er ikke naturligt hjemmehørende, men har en lang dyrkningshistorie, der rækker flere århundreder tilbage i tiden. For de forstligt vigtige arter af både nåletræer og løvtræer er der en lang tradition for at afprøve og udvælge de potentielt bedste frøkilder (provenienser/herkomster) til skovdriften.

Det er dog klart, at i visse dyrkningssystemer baseret på selvforyngelse, som især er brugt i bøg, forlader man sig på den eksisterende frøkilde.

For løvtræarterne i Danmark gælder det, at der i dag benyttes et genetisk materiale, som kun sjældent er forædlet – poppel er dog undtaget. For nåletræerne har der været en forædlingsindsats på især rødgran, sitkagran, men også lærk og i mindre grad på douglasgran, men en forædling, der har været fokuseret på forstligt vigtige karakterer for gavntærrproduktion som stammerethed, finkvistethed, vedegenskaber og stammevolumenproduktion. Samtidig er der stadig et bredt genetisk materiale til rådighed som er i afprøvning.

Skovtræforædling tager lang tid, men fra dansk side har man været med blandt pionererne og Syrach-Larsens arbejde fra starten af 1930'erne i Forstbotanisk Have og senere Arboretet har været banebrydende (Barner 1934) og har affødt en tradition og kunnen indenfor skovtræforædlingen og sideløbende har der været udført en række populations afprøvnings der tog sin begyndelse omkring 1900 (eks. Hauch 1915).

| | |
|---------------------|-----------------|
| Skovtræforædling: | År ¹ |
| Rødgran | 1970-2005 * |
| Sitkagran | 1970-2005 * |
| Hybridlærk | 1946-1990 * |
| Douglas | 1990- |
| Ædelgranarter | 1992- |
| Eg | 1994- |
| Øvrige løvtræ/buske | 1994- |

* (Politiske/økonomiske prioriteringer har gjort, at forædlingen har været udført med varierende intensitet – men samlingerne er blevet vedligeholdt i forsøg og klonarkiver)

Der er i de sidste 50 år opbygget en meget væsentlig pulje af forsøg (mere end 250), og viden om enkelttræers formåen (avlsværdier), der kun i begrænset omfang er udnyttet og qua skovtræernes

¹ Omtrentlige år hvor planer for forædlingsprogrammerne er udviklet og sat i værk

lange omdriftstider er et helt unikt og værdifuldt informations- og udgangsmateriale for fortsat forædling.

Det betyder også, at der er et væsentligt potentiale for at øge tilvæksten i fremtidens skove ved plantning med et forædlet genetisk materiale – især på de arter, hvor der allerede har været lavet forædling.

Ved en satsning på at øge biomasseproduktionen generelt i dansk skovbrug er det derfor forholdsvis let at gå ind i disse forsøg og anlæg finde genetisk egnet materiale for en række arter med meget stor produktionspotentiale som eksempel sitka og grandis, men også for arter som ud fra en biodiversitetsmæssig og æstetisk betragtning har stor værdi, f.eks. hassel, birk og rødæl. Herudover kan det være interessant at se på arter, som kan underplantes en række lysttræarter. Dvs. at integrere skovdyrkningssystemer, træartsvalg og forædling.

Dermed er ”værktøjskassen”:

1. Vælge optimal art til lokaliteten og skovdyrkningssystem
2. Vælge højere producerende arter (artsskifte)
3. Forbedre de enkelte arters formåen ved forædling
4. Effektiv fremavl, dvs. nye/forbedrede frøkilder, og/eller vegetativ formering (stiklinger, vævskultur)

Udfordringerne er resistens overfor skadegørere og klimaændringer for at bevare stabilitet og optimal produktion, men disse kriterier kan med lige vægt inddrages i optimering og udvalgte af plantemateriale.

Mulighederne for gennem forædling at øge tilvæksten for en given træart afhænger af størrelsen af den genetiske variation, ved hvilken alder arten begynder at blomstre, muligheden for at lave tidlige selektioner, muligheden for at bruge vegetativ formering og i hvor høj grad der for arten ses såkaldt genotype-miljøvekselvirkning. Blomstring i en tidlig alder giver mulighed for jævnligt at generere nyt genetisk materiale som der kan selekteres i. Vegetativ formering giver både bedre afprøvninger og øger muligheden for at opnå større gevinster ved udplantninger af det genetisk forædlede materiale. For træer med en længere omdrift er det afgørende at de genotyper der selekteres for tidligt også vil være de genotyper der i en senere alder vil være de mest produktive.

I det følgende gennemgås de muligheder der er for at forbedre øge produktionen for en række træarter i Danmark gennem selektion i eksisterende forsøg og hvornår gevinsterne fra selektionerne vil begynde at blive realiseret.

Nåletræer

Sitkagran (Picea sitchensis (Bong.) Carr.)

Denne træart som stammer fra det Nordvestlige Amerika er blandt de mest produktive træarter i Danmark når der ses på tilvækstoversigterne for en række træarter (Statens Forstlige Forsøgsvæsen, 1990). I slutningen af 1970 og starten af 1980'erne blev der anlagt en række klonforsøg med sitkagran. I alt indgår der over 800 kloner i fire forsøg og forsøgsrækker. Flere af klonerne i serierne er udvalgt i afkom fra provenienser som har vist god vækst og overlevelse i forsøg (Nielsen, 1994). Hittidige opgørelser af forsøgene viser en moderat arvelighed af højde og diametervækst (Nielsen 1994, Hansen og Roulund 2011) og en moderat spredning som omregnet til volumen giver mulighed for forholdsvis store gevinster ved selektion. En opgørelse af et enkelt af klonforsøgene efter 25 år sandsynliggør, at der kan opnås gevinster på 30-50 % i biomasse. Gevinsten er afhængig af hvor mange kloner der selekteres, sammenhængen mellem produktion ved en alder på 25 år og produktion ved omdrift omkring 40 år i sluttet bevoksning og endelig i hvor høj grad, der er såkaldt genotype-miljøvekselvirkninger, som betyder at den samme klon ikke nødvendigvis er den bedste på alle lokaliteter (Hansen og Roulund, 2011).

Med udgangspunkt i foreløbige ikke publicerede resultater fra Skov & Landskabs træartsforsøg som i dag er omkring 40 år kan det skønnes at produktionen på bedre jorder sandsynligvis kan nå op til 21 tons/ha/år og på hedejorder lidt over 13 tons/ha/år ved en 40-årig omdrift med forædlet materiale og i øvrigt uden tilførsel af gødning (Hansen og Roulund 2011).

Der er flere muligheder for at realisere de potentielle gevinster fra en selektion i de eksisterende forsøg f.eks. gennem

- 1) Stiklingeformering af træer fra krydsninger mellem de absolut bedste træer. Alternativet kan være somatisk embryogenese eventuelt kombineret med stiklingeformering i tilfælde af få frø. Ved denne metode vil det formodentligt allerede efter 5 år være muligt at plante de første træer fra krydsningerne ud. Efter yderligere 20-25 år vil de første udbytter fra tyndinger i disse plantninger blive realiseret afhængig af bonitet. Lille planteafstand betyder, at de første tyndinger kan falde tidligere end 20 år efter planting.
- 2) Høst af frø fra udvalgte træer i eksisterende klonforsøg, eventuelt efterfulgt af stiklingeopformering eller opformering vha. somatisk embryogenese. Dette vil give noget reduceret gevinst med mindre de ringeste kloner fjernes fra forsøgene. Tidshorisonten er nogenlunde som for det første tilfælde.
- 3) Etablering af frøplantager bestående af podninger af træer udvalgt for høj biomasseproduktion. Ved denne fremgangsmåde vil der gå 10 år før der er planter som kan sættes i marken.

Omdriften for sitkagran til biomasse vil sandsynligvis ligge omkring 40 år for at undgå stormfald og generel opløsning som følge af insektangreb (specielt Micans og sitkagranlus), men tilvækstoversigter (Henriksen 1958) viser at den største produktion per år opnås ved en alder 60 år. En omdrift på 30 og 20 år vil mindske den gennemsnitlige produktionen per år til hhv. 81 % og 48 % af den gennemsnitlige produktion ved en omdrift på 40 år hvis der tages udgangspunkt i Henriksen (1958).

De forventede gevinster vil blive reduceret såfremt sitkagran i fremtiden i højere grad bliver udsat for sitkagranluseangreb som følge af klimaændringer (Hansen et al., 2011). Stormfald kan som sagt være et problem, men kan sandsynligvis i nogen grad imødegås ved at indføre tyndingsfri drift. Det sidste vil dog også betyde, at der først kan høstes en biomasse ved omdrift og ikke løbende indtil omdrift.

Der mangler at blive afprøvet mere bæredygtige systemer med arten, hvor der ikke indgår renafdrift. En løsning kan eventuelt være at plante arten i rækker, som står utyndede og så plante mere vedvarende arter ind mellem rækkerne som f.eks. douglasgran eller *Abies grandis* som kan stå tilbage efter hugst af sitkagranen. Det kan endvidere overvejes om det kan betale sig at plante tættere. Som det er i dag er der en forholdsvis lang periode på omkring 10 år før skovplantningerne er sluttede og altså en periode hvor arealets produktionspotentiale ikke udnyttes.

Grandis (Abies grandis)

Det vil i dag være muligt, at høste genetiske gevinster forholdsvis hurtigt for denne træart der i praksis ofte har vist sig at have en volumenproduktion på linje med, eller større end sitkagran. I dag bruges der hovedsagelig danske landracer af *Grandis*, men resultater fra proveniensforsøg viser, at der sandsynligvis kan hentes en yderligere gevinst gennem etablering af frøplantager baseret på udvalg af plustræer i de bedste provenienser i proveniensforsøg med *Grandis*. Disse ligger 5-10 % bedre end de danske landracer mht. højdevækst (Kromann 2003; Kromann og Hansen, 2004). Skøn for forskelle i volumenproduktion per ha er en forholdsvis usikre, men en foreløbig beregning af data fra en af forsøgsserierne viser, at de bedste provenienser har haft en volumenproduktion der er 26-38 % højere i forhold til de danske landracer 26 år efter anlæg. Hertil skal lægges en gevinst fra plustræselektioner. Hvor stor denne bliver, afhænger af selektionsintensitet og genetisk variation.

En yderligere mulighed for opnå en genetisk gevinst kan være at anvende genetiske markører for at bestemme slægtskabet mellem træer i en frøkilde og afkom af disse træer i en almindelig bevoksning ved anlæg af et såkaldt 'quasi field trial' med henblik på at lave en selektion af de træer i frøkilden hvis afkom der har den bedste vækst i bevoksningen og placere de selekterede træer i en klonfrøplantage (se eksempelvis Hansen and McKinney, 2010).

Frøplantagerne vil sandsynligvis give frø efter 10 år. Via forskning i vegetativ formering kan det formentlig lykkes, at lave det samme produktionssystem som nævnt under sitkagran – baseret på krydsninger af elitemateriale (udvalgt ved stærkt selektion eller baseret på resultater fra 'quasi field trials') og efterfølgende opformerings ved stiklinger. *Abies* slægten er generelt vanskelig at stiklingeformere, men nye erfaringer fra den beslægtede nordmannsgran (*Abies nordmanniana*) og frasergran (*Abies fraseri*) er lovende.

Abies krydsninger

På Arboretet blev der i slutningen af 1940'erne lavet artshybrider mellem *Abies grandis* og *Abies concolor subsp. lowiana* (syn. *A. lowiana*) og etableret et forsøg med disse krydsninger.

Forsøget gik dog til i 1981 pga. en storm, men havde indtil da antydning af et produktionskæmpepotentiale. Der står i dag tre træer tilbage fra forsøget med diametre på omkring 120 cm.

Douglasgran

Douglasgranen (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mirb.) Franco) kan have en produktion på linje med sitkagran hvis der tages udgangspunkt i ældre tilvækstoversigter (Statens Forstlige Forsøgsvæsen 1990). Der er for douglasgranens (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mirb.) Franco) vedkommende i dag etableret en række frøplantager med afkom fra udvalgte træer ('breeding seed orchards' forkortet BSO), eller med podninger af udvalgte træer. Frøplantagerne er primært rettet mod sundhed og tømmerkvalitet og i mindre grad mod vækst. De genetiske parametre som er estimeret for Douglasgran i Danmark (Hansen et al. 2005) viser dog, som for de fleste andre træarter, et potentiale for relativt store gevinster fra selektioner for biomasseproduktion. I et enkelt muligt selektionsscenarie for en BSO, hvor hovedvægten stadig var på stammerethed, lå gevinsten for diameter 10 år efter etablering på 15 % (Hansen et al. 2005). Dette kan omregnes til en gevinst i grundfladen og volumen på ca. 32 %. I træartsforsøgene ligger biomasseproduktionen for douglasgran på de fleste lokaliteter på niveau med sitkagran og grandis, så sandsynligvis vil det også for denne træart være muligt at opnå produktioner på bedre jorder med forædlet materiale på næsten samme niveau som for sitkagran.

Selvom de nuværende frøanlæg som sagt hovedsagelig er etableret med henblik på at forbedre tømmerkvaliteten i douglasgran, vil det være muligt at finde afprøvede træer i disse anlæg med forholdsvis stor produktion, som kan podes op og sættes i klonfrøplantager. Disse træer kunne eventuelt suppleres med træer udvalgt på baggrund af quasi-field trials (se under *Abies grandis* om denne strategi). Sådanne klonfrøplantager vil sandsynligvis begynde, at producere frø efter 10 år.

En forholdsvis billig måde at skaffe genetisk materiale på rettet mod biomasse på længere sigt kunne være at etablere BSO'er rettet mod biomasse, som for douglasgranens vedkommende ville kunne give en frøproduktion ca. 15 år efter anlæg.

Endelig kan en strategi være, at krydse hurtigtvoksende genotyper i det nuværende program og opformere afkom af disse vha. somatisk embryogenese, men det vil kræve et større udviklingsarbejde af den somatiske embryogenese for douglasgran.

Rødgran

For rødgranens vedkommende har der siden 1970'erne været et forædlingsprogram og der er i dag anlagt en række forsøg samt frøplantager med arten. Pga. problemer i slutningen af 1980'erne med voldsomme nåletab og stor hyppighed af døde rødgraner specielt i det vestlige Danmark er dele af programmet rettet mod at forbedre sundheden i rødgran, en anden mod tømmerkvalitet og endelig en tredje mod juletræsproduktion. På baggrund af en række forsøg vil det være muligt at finde træer med forholdsvis god sundhed og stor vækst og pode dem ind i frøplantager, eller eventuelt krydse de bedste med hinanden og opformere afkommet vha. stiklinger som er en

forholdsvis nem opformeringsmetode i rødgran. Det store spørgsmål er dog stadig om arten kan klare fremtidens klima med hyppigere tørke i vækstsæsonen og kraftigere storme.

Hybridlærk

Hybridlærk kan bruges som forkultur for en række arter og er samtidig karakteriseret ved en tidlig ungdomsvækst.

I 1960'erne og 1970'erne blev der igangsat over 30 forsøg med forskellige artshybrider mellem Japansk (*Larix kaempferi*) og europæisk lærk (*Larix decidua*). Målet var at opnå materiale, som er resistent overfor lærkekræft, der rammer europæisk lærk, har bedre stammekvalitet end den japanske lærk og samtidig generelt langt bedre vækst end begge de to rene arter. Programmet blev dog forladt i løbet af 1980'erne.

En opgørelse af to forsøg på hedelokaliteter efter 25 år viser, at det er muligt at finde hybridlærk med en diametertilvækst der ligger op til 33 % bedre end en af de bedre frøplantager med Japansk lærk (FP.615), (Roulund 2007), som må formodes at blive brugt en del i dag. Tages der udgangspunkt i tallene fra Roulund (2007) er der en forskel i grundflade på op til 78 %. De hurtigtvoksende hybrider vil sandsynligvis have en lidt lavere rumvægt (Roulund 2007), men ikke noget der væsentlig vil rykke ved, at deres biomasse produktion ligger væsentligt over Japansk lærk.

Hybridlærkeprogrammet blev fra 1980'erne nedprioriteret. Det kan dog ikke afvises, at det er muligt ved en gennemgang af ældre forsøg, at finde nye kombinationer af hybrider, men det vil sandsynligvis tage op imod 20 år at få afprøvet og etableret frøplantager med de bedste hybrider.

Et alternativ vil være at forsøge nogle afprøvninger af hybrider fra det franske hybridlærkeprogram som stadig er aktivt, men det vil stadig tage 10-15 år før der er resultater fra denne afprøvning.

Pinus contorta

Arten er relevant på de meget ringe jorder, hvor væksten sammenholdt med andre arter er god, men den er problematisk fordi den er invasiv. Der er ikke i dag et egentligt forædlingsprogram som der kan tages udgangspunkt i.

Løvtræer

Popler

Populus sp. er kendetegnet ved at have en hurtig ungdomsvækst og ved at de er meget nemme at formere med stiklinger – i sin simpleste form blot at sætte grene i jorden. Da forskellige arter fra poppelslægten endvidere relativt nemt kan krydses har popler været anvendt i intensiv forædling og en række kultivarer (kloner) er til salg på markedet. Det sidste åbner op for brugen af én eller nogle få kloner herunder, at opformere hybrider mellem poppelarter som viser sig sunde og vækstkræftige.

Nylige forsøgsopgørelser (Nielsen et al upubl.) viser store forskelle i produktion mellem forskellige kloner og grupper af popler og hybrider mellem disse grupper på forholdsvis fattige jorder hvor den bedste klon OP42 havde en produktion på lidt 9 tons per ha per år (ved en alder på 13 år). Denne klon er allerede på markedet i dag. Tilsvarende produktionstal kan genfindes for andre poppelforsøg og forsøg med forskellige hybridaspkloner i Sydsverige (f.eks. Christerson 2010, Stener & Karlsson 2005).

Der er ikke for øjeblikket et forædlingsprogram i Danmark for poppel. Forbedret genetisk materiale fra et sådant program ville sandsynligvis kunne udplantes efter ca. 15 år og det kan forventes at et forædlingsprogram for poppel forholdsvis hurtigt kan forbedre produktionen.

En meget nærliggende mulighed er også at afprøve nye kloner fra aktive forædlingsprogrammer i Sverige (f.eks. hybridasp fra SKOGFORSK), Belgien, det nordlige Tyskland (fra projektet "fastwood") og endelig det nordlige Frankrig (fra INRA). Resultaterne af en sådan afprøvning ville kunne fås forholdsvist hurtigt efter ca. 5 år, hvorefter de bedste kloner kan indgå i produktionen.

Pil

Pil (*Salix ssp.*) vil kun blive plantet på landbrugsjorder. Pil har som poppel den fordel at den blomstrer tidligt og er let at etablere ved stiklinger og kan desuden drives i stævningsdrift. Erfaringer fra eksempelvis Storbritannien viser at det gennem forædling har været mulig at øge biomasse produktionen fra 7 Mg/ha/år til 14 Mg/ha/år (Karp et al. 2011) . Dog er der som for poppels vedkommende problemer med rust (Karp et al. 2011). Der er i dag ikke et egentlig forædlingsprogram for pil i Danmark. Det vil dog sandsynligvis være muligt på baggrund af danske produktionsforsøg, at udpege potentielt interessant genetisk materiale til danske forhold. Dette kan suppleres med forædlet materiale fra Storbritannien og Sverige. Egentlige afprøvninger kan sættes i gang indenfor to år og resultater herfra kan sandsynligvis opnås efter yderligere 5 år. Det bedste materiale kan herefter udplantes/stikkes og de første udbytter kan vel opnås efter yderligere 5 år fra dette materiale. Det bedste materiale vil desuden kunne danne basis for et dansk forædlingsprogram.

Stilkeg og vintereg

Hverken stilkeg (*Quercus robur* L.) eller vintereg (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) er nær så produktive som pil, poppel eller nåletræarterne og har desuden lange omdriftsaldre. På den anden side optager de i dag forholdsvis store arealer og der falder en del tyndingsudbytter fra bevoksninger med de to arter. For stilkegens vedkommende er der i de sidste 20 år etableret en række BSO'er. En foreløbig opgørelse fra en enkelt af BSO efter 13 år viser en mulighed for at øge volumenproduktionen i ungdommen med 15 % (Hansen ikke publ.). Selektionen i BSO'en ved alder 13 år vil blive fulgt op af senere selektion som kan give endnu en gevinst. Den mindre volumenproduktion opvejes i nogen grad af at eg er væsentlig tungere end poppel.

Ær

Æren (*Acer pseoduplatanus*) er en art med forholdsvis tidlig blomstring og er let at pøde ind i frøplantager og indenfor de næste 5-10 år vil det være muligt at undersøge og screene en række BSO med denne art for genetisk materiale med høj vækst og eventuelt selekttere i en af BSO'erne med biomasseproduktion i sigte, eller pøde de bedste modertræer og sætte dem i en frøplantage. Der vil gå yderligere ca. 10 år før de første udbytter fra disse selektioner realiseres i skovene, afhængig af bonitet og planteafstande.

Hassel, birk, rødell, avnbøg

Hassel (*Corylus avellana*) kan i skovene have interesse som indplantning under f.eks. eg og dermed øge biomasseproduktionen. Hassel har den fordel at den kan dyrkes i stævningsdrift. Der er i dag tre frøanlæg med hassel etableret hhv. 2001 og 2011. Det ældste frøanlæg fra 2001 indeholder 19 frøkilder og det vil med stor sandsynlighed ved målrettet tynding være muligt at opnå et materiale med stort potentiale i forhold til en biomasseproduktion, som umiddelbart kan plantes ud.

For dunbirks (*Betula pubescence*) vedkommende er der BSO'er etableret i hhv. 2007 og 2008 og med hhv. 87 og 93 familier fra udvalgte træer. For vortebirkens (*Betula pendula*) er der i 2009 etableret en BSO med 94 familier. Et samarbejde med Sverige vil være oplagt, der har forædlet birk igennem en årrække.

Rødellen vil fortrinsvis være egnet på fugtigere jorder og opnår sjældent en alder over 20 år på tørre lokaliteter (Larsen et al. 2005). Der er i dag to BSO'er med i alt 93 familier etableret i 2005 som eventuelt kan bruges til selektion for biomasse.

Avnbøg (*Carpinus betulus*) er velegnet til underplantninger af en række lystræarter som f.eks. eg på bedre jorder hvor den kan bidrage med en yderligere produktion. Arten kan ligeledes indgå i stævningskovdrift (Larsen et al. 2005). Arten har den højeste rumvægt blandt træer dyrket i Danmark på omkring 640 kg/m³. Den er karakteriseret ved en kraftig ungdomsvækst som kulminerer omkring 10 år (Lockow & Lockow 2009). Nordtyske produktionsforsøg viser at der på de bedste boniteter kan produceres omkring 13 m³/ha/år ved en omdrift på 20 år. På ringeste omkring 6,5 m³/ha/år (Lockow & Lockow 2009). Regnes der med en rumvægt på 640 kg svarer dette til mellem 4 og 8 tons per ha per år. Artens genetik er dårligt belyst og det er ikke som for de andre arter muligt at tage udgangspunkt i eksisterende forsøg eller BSO'er, men arten kunne potentielt være interessant pga. den tidlige ungdomsvækst, mulighed for stævning og mulighed for at bruge i underplantninger af f.eks. eg.

Nogle afsluttende bemærkninger

Næsten uanset, hvilke træarter og skovdyrkningssystemer, der tænkes anvendt for at øge biomassen vil et forædlet materiale kunne være med til at skærpe de opnåede gevinster – øget høstpotentiale af biomasse eller øget CO₂ lagring.

For flora og fauna, friluftsliv mv. vil en f.eks. øget produktion i sitka og grandis ikke påvirke miljøet. Udbyttet vil blot falde tidligere end med traditionelt anvendt materiale. En øget produktion vil give nye muligheder – såfremt man vælger kun at udnytte stammemasse og ikke grenmasse – dvs. den ekstra produktion udnyttes ikke maksimalt, men kan medvirke til at sikre produktionsniveauet samtidig med en mere miljøvenlig drift. Forædlet materiale kan og skal anvendes på bæredygtig vis – som al anden fornuftig skovdyrkning – og netop forædlingen giver mulighed for at optimere materiale til forskellige dyrkningssystemer – især for nåletræerne.

Øges nåletræproduktionen gennem forædling med 3 tons og løvtræproduktionen tilsvarende med 1 tons per ha per år ved anvendelse af forbedret materiale (og optimeret træartsvalg) og baseret på den nuværende fordeling af arealer hhv. 229 og 286 tusind ha giver ved fuld implementering af gevinsterne ca. 1 mio. ekstra tons per år.

En ambitiøs målsætning, men næppe umulig såfremt såvel bedre materiale implementeres og der også optimeres på træartsvalget. Den ekstra gevinst på løvtræsiden – kan for en del komme fra anvendelse af forbedrede kloner i poppel, der anvendes som forkultur og i blandinger.

Tidsmæssigt er der tale om en lang horisont (en hel trægeneration) og der er ikke umiddelbart muligheder for nævneværdige gevinster inden 2020.

Der er forædlingsmæssigt nogle meget nærliggende gevinster, hvor forædlet materiale kan bringes på markedet inden 5 år og som inden 2050 kan få en effekt på produktion og lagring af kulstof.

Ved øgning af skovrejsning er det særdeles oplagt at inddrage forædlet materiale til netop disse lokaliteter, og de opnåede gevinster vil øges tilsvarende.

Den store pulje af levende materialer fra forædlingsaktiviteterne, der endnu er eksisterende, har nu en alder, hvor sikkerheden for materialets eksistens er truet. Derfor er der kun et ret kort tidsmæssigt vindue før en væsentlig del af gevinsterne kan mistes.

Referencer

Barner H (1934) Forest tree breeding. Royal Vet. & Agricult. Coll. Year bk. 1934: 93-113.

Christersson L (2010) Wood production potential in poplar plantations in Sweden. Biomass and Bioenergy 34: 1289–1299.

Hansen JK, Wellendorf H, Kjær ED (2005) Low Cost Improvement of coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mirb.) Franco) by application of the breeding seed orchard approach in Denmark. *Silvae Genetica* 54: 218-227.

Hansen JK, Harding S, Ravn HP, Jensen V, Thomsen IM (2011) Betydning af forskelle i resistens mod sitkabladdlus. Videnblad 8.10-15, Skov & Landskab, Københavns Universitet.

Hansen JK, Roulund H (2011) Sitkagrankloner til biomasseproduktion – potentiale i eksisterende forædlingsprogrammer. Videnblad 3.4-4, Skov & Landskab, Københavns Universitet.

Hansen OK, McKinney LV (2010) Establishment of a quasi-field trial in *Abies nordmanniana* - test of a new approach to forest tree breeding. *Tree Genetics & Genomes* 6: 345-355.

Nielsen UB, 1994. Genetisk variation i sitkagran (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) i højdevækst, stammeform og frosthærdighed – vurderet ud fra danske proveniens- afkoms- og klonforsøg. Forskningsserien Nr. 9-1994, Forskningscentret for Skov & Landskab, Lyngby, 1994, 332 s. ill.

Hauch L (1915) Proveniensforsøg med eg. DFF IV: 295-318.

Henriksen HA (1958) Sitkagranens vækst og sundhedstilstand i Danmark, FFD, XXIV: 1-372.

Karp A, Hanley SJ, Trybush SO, Macalpine W, Pei M, Shield I (2011) Genetic improvement of willow for bioenergy and biofuels. *Journal of Integrative Plant Biology* 53: 151-165.

Kromann HK (2003) Proveniensforsøg med *Abies grandis* anlagt i foråret 1979. Videnblad 3.3-32, Skov & Landskab, Københavns Universitet.

Kromann HK, Hansen JK (2004) Proveniensforsøg med *Abies grandis* anlagt i foråret 1980. Videnblad 3.3-34, Skov & Landskab, Københavns Universitet.

Larsen JB, Raulund-Rasmussen K, Callesen I (2005) Træartsvalget – de enkelte træarters økologi. I Larsen JB (red.) Naturnær skovdrift. Dansk Skovbrugs Tidsskrift ,

Lockow K-W, Lockow J (2009) Die Hainbuche im nordostdeutschen Tiefland. Wuchsverhalten und Bewirtschaftungshinweise. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 41. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, 130 pp.

Nielsen UB (1994) Genetisk variation i sitkagran (*Picea sitchensis* (Bong) Carr.) i højdevækst, stammeform og frosthærdighed – vurderet ud fra danske proveniens-, afkoms- og klonforsøg. Forskningsserien nr. 9-1994, Forskningscentret for Skov & Landskab, Lyngby, 1994. X + 332 s., ill.

Nielsen UB, Madsen P, Hansen JK, Nord-Larsen T (2012) Production potential of 36 poplar clones grown at medium length rotation in Denmark. In progress.

Nord-Larsen T, Johannsen VK, Jørgensen BB, Bastrup-Birk A (2008) Skove og Plantager 2006, Skov & Landskab, Hørsholm, 2008. 185 s. ill.

Roulund H (2007) Hybridlærk – en forbavsende overlegen træart. Skoven 2007 (2): 88-93.

Skov & Landskab (2012) Landskabsfremavl – Buskprogram. Kortlægning af genpuljen for danske træer og buske.

http://sl.life.ku.dk/forskning/skov_og_oekologi/genetiske_ressourcer/buskprogram.aspx

Statens Forstlige Forsøgsvæsen (1990) Skovbrugstabeller 2. udgave. ISBN 87-98 34 63-1-8. 270 pp.

Stener LG, Karlsson B (2004) Improvement of *Populus tremula* x *tremuloides* by phenotypic selection and clonal testing. Forest Genetics 11: 13-27.